



PCT

特許協力条約に基づいて公開された国際出願

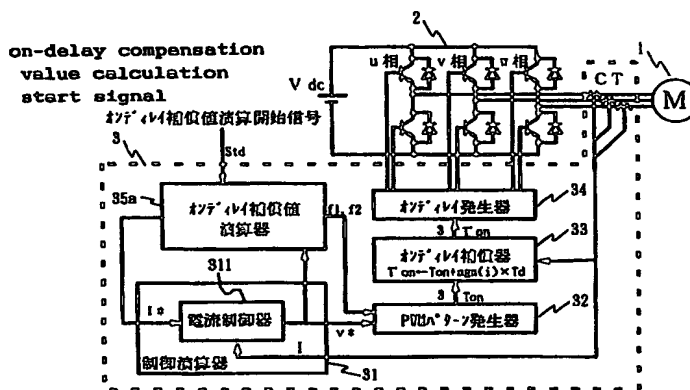
(51) 国際特許分類6 H02M 7/537, 7/5387, H02P 7/63	A1	(11) 国際公開番号 WO98/42067	(43) 国際公開日 1998年9月24日 (24.09.98)
(21) 国際出願番号 PCT/JP97/00909		(81) 指定国 CN, JP, KR, SG, US, 欧州特許 (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).	
(22) 国際出願日 1997年3月19日 (19.03.97)		添付公開書類 国際調査報告書	
(71) 出願人 (米国を除くすべての指定国について) 株式会社 日立製作所 (HITACHI, LTD.) [JP/JP] 〒101 東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地 Tokyo, (JP)			
(72) 発明者; および			
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ) 大橋敬典 (OHASHI, Hironori) [JP/JP] 〒274 千葉県船橋市習志野台5丁目39番6棟303号 Chiba, (JP)			
高瀬真人 (TAKASE, Makoto) [JP/JP] 〒274 千葉県船橋市習志野台5丁目39番6棟404号 Chiba, (JP)			
富田浩之 (TOMITA, Hiroyuki) [JP/JP] 〒274 千葉県船橋市習志野台8丁目1番1-304号 Chiba, (JP)			
石田誠司 (ISHIDA, Seiji) [JP/JP] 〒274 千葉県船橋市習志野台5丁目39番6棟103号 Chiba, (JP)			
杉浦正樹 (SUGIURA, Masaki) [JP/JP] 〒274 千葉県船橋市習志野台5丁目38番25号 Chiba, (JP)			
(74) 代理人 弁理士 小川勝男 (OGAWA, Katsuo) 〒100 東京都千代田区丸の内一丁目5番1号 株式会社 日立製作所内 Tokyo, (JP)			

(54) Title: POWER CONVERTER, AC MOTOR CONTROLLER AND THEIR CONTROL METHOD

(54) 発明の名称 電力変換装置、交流モータ制御装置、及びそれらの制御方法

(57) Abstract

An automatic on-delay compensation value regulator, and a low cost and high precision controller are provided. An on-delay compensation value calculator (35) is provided in a control circuit (3). The current of an AC motor (1) and the voltage of a power converter (2) are measured, and the carrier frequency is varied to calculate an on-delay compensation value. A Fourier converter is built in the on-delay compensation value calculator (35). The on-delay compensation value is varied so as to minimize the harmonics and ripples in the current to obtain a proper on-delay compensation value. As the deviation of the on-delay compensation value which is caused by the variation of the power converter itself can be controlled automatically, a torque ripple caused by the variation of the on-delay compensation value is prevented and a high precision controller is realized. Further, as the allowance of the variation of the hardware is increased, a low cost controller is realized.



- 2 ... u-phase, v-phase and w-phase
- 31 ... arithmetic controller
- 32 ... PWM pattern generator
- 33 ... on-delay compensator
- 34 ... on-delay generator
- 35a ... on-delay compensation value calculator
- 311 ... current controller

本発明は、自動オンディレイ補償値の調整装置について記し、安価で高精度な制御装置を提供することにある。

本発明は制御回路 3 内にオンディレイ補償値演算器 35 を設け、交流モータ 1 の電流と電力変換器 2 の電圧を検出し、キャリア周波数を変化させてオンディレイ補償値を演算する。また、オンディレイ補償値演算器 35 内にフーリエ変換器を内蔵させ電流の高調波や脈動を最小にするようにオンディレイ補償値を変化させて適正なオンディレイ補償値を求めるようにした。本発明によれば電力変換器個体のバラツキによるオンディレイ補償値のずれを自動調整するので、オンディレイ補償値のずれによるトルクリプルを防止でき、高精度な制御装置を実現できる。また、自動調整により、ハードウェアのバラツキの許容範囲が増えるため、安価な制御装置を実現できる効果もある。

PCTに基づいて公開される国際出願のパンフレット第一頁に掲載されたPCT加盟国を同定するために使用されるコード (参考情報)

AL	アルバニア	FR	フランス	LT	リトアニア	NZ	ニュージーランド
AM	アルメニア	GB	イギリス	LV	ラトヴィア	SD	スーダン
AT	オーストリア	DE	ドイツ	MC	モナコ	DG	デンマーク
AZ	アゼルバイジャン	BE	ベルギー	MD	モルドバ	JM	ジャマイカ
BA	ボスニア・ヘルツェゴビナ	GR	ギリシャ	MG	マダガスカル	TM	トルクメニスタン
BB	バハマ	GM	ギンビニア	MK	マケドニア共和国	TT	トリニダード・トバゴ
BF	ブルキナファソ	GN	ギニア	ML	マリ	TA	タリ
BG	ブルガリア	GW	ギニアビサウ	MN	モンゴル	AG	アンティグア・バーブーダ
BJ	ベナン	GR	ギリシャ	MR	モーリタニア	GS	ジブラルタル
BR	ブラジル	HU	ハンガリー	MX	メキシコ	SZ	スワジランド
BY	ベラルーシ	IE	アイルランド	NE	ニジェール	ZW	ジンバブエ
CA	カナダ	IL	イスラエル	NN	ノルウェー		
CC	ココス (ケルディン) 島	IT	イタリア	NO	ノルウェー		
CD	コンゴ民主共和国	JP	日本	NZ	ニュージーランド		
CF	中央アフリカ共和国	KE	ケニア	PL	ポーランド		
CG	コンゴ共和国	KR	韓国	PT	ポルトガル		
CH	スイス	KG	キルギス	RU	ロシア		
CI	コートジボワール	KZ	カザフスタン	SE	スウェーデン		
CN	中国	LC	セント・ルシア	SG	シンガポール		
CU	キューバ	LI	リヒテンシュタイン	SI	スロベニア		
CZ	チェコ	LS	レソト	SK	スロバキア		
DE	ドイツ			SL	シエラ・レオネ		
DK	デンマーク						
EE	エストニア						

## 明 細 書

## 電力変換装置、交流モータ制御装置、及びそれらの制御方法

## 技術分野

本発明はスイッチング素子を用いる電力変換器を用いて交流モータを  
5 駆動する交流モータ制御装置に関する。

また、本発明はスイッチング素子を用いる電力変換器を用いた全ての  
制御装置に適用可能で、例えば、P W Mコンバータなどの電力変換器な  
ども用いることもできる。

## 10 背景技術

説明の都合上、以降は電力変換器の負荷としてモータを例に取り、説  
明する。

スイッチング素子を用いて可変周波数の電源に電力変換し、交流モータ  
1 を速度制御する制御装置として第 1 2 図に示す 3 相の電力変換器 2  
15 が一般的である。第 1 2 図において、3 は制御回路、C T は出力電流を  
検出する電流検出器である。この電力変換器は出力相毎にスイッチング  
素子の上下アームを直列に、いわゆる三相ブリッジに接続し、排他的に  
スイッチングさせることを特徴としている。スイッチング素子には I G  
B T などの半導体スイッチング素子が使用されオン／オフの動作には遅  
20 れがあるため、各相の上下アームの一方のスイッチング素子のオフ信号  
に対し他方のスイッチング信号のオン信号を遅らせるオンディレイ期間  
を付けてスイッチングさせないと、上下アームのスイッチング素子がア  
ーム短絡を起こし、スイッチング素子が破壊する。このため、制御回路  
3 にはモータ電流などの制御演算器 3 1 から電圧指令  $v^*$  を P W M パタ

オン発生器 3 2 に出力し、スイッチング素子がオフする期間だけオン信号を遅らせるオンディレイ発生器 3 4 が必要になる。

このオンディレイはモータなどの制御装置から見ると、出力電流の方向などに対して非線形なもので、第 10 図に示すように出力電流（線電流  $i_u$  の例を示しているが、 $i_v, i_w$  も同様）を歪ませ、制御特性を劣化させ、トルクリプルなどの発生要因となる（第 10 図は、上段に出力電流の基本波  $Y_1$  と、第 5 次高調波  $Y_5$ 、第 7 次高調波  $Y_7$  に分けて描いてあり、中段は歪んだ出力電流  $i_u$  を示し、下段は後述のように電流を  $d-q$  変換して直流表示した  $i_d$  を示している）。このため、最近ではオンディレイ発生器 3 4 に加え更に第 12 図のオンディレイ補償器 3 3 を設け、このオンディレイによる影響を無くす手法が取られる。このオンディレイ補償器 3 3 は、PWM パターン発生器 3 2 から入力される信号のオン時間  $T_{on}$  に出力電流  $i$  ( $i_u, i_v, i_w$ ) の流れる方向（極性  $\text{sgn}(i)$ ) を考慮したオンディレイ補償値  $T_d$  を加算し、次のようにオンディレイ分を補償するものである。

$$T'_{on} \leftarrow T_{on} + \text{sgn}(i) \cdot T_d$$

しかし、このオンディレイ補償値  $T_d$  は、スイッチング素子にオン信号を入力してから実際にオンするまでの時間を  $t_{on}$ 、オフ信号を入力して実際にオフするまでの時間を  $t_{off}$ 、上下アームのスイッチング素子に PWM パターン発生器 3 2 から入力される信号が同時にオフしている時間をオンディレイ時間  $T_{dead}$  とすると

$$T_d = T_{dead} + t_{on} - t_{off} \quad \dots \dots (1)$$

となる。これら  $T_{dead}$ ,  $t_{on}$ ,  $t_{off}$  の時間はスイッチング素子、制御回路構成部品等のハードウェアの個々の特性によりバラツクため、 $T_d$  もバラツキを生じる。従ってオンディレイ補償値  $T_d$  を特定の値にしてオンディレイ補償を行っても、 $T_d$  がバラツいた分だけ補償することがで

きない。

前述のようにハードウェアにより  $T_d$  が電力変換器毎にバラツクため、モータ制御装置として見ると電流が歪み、上記のオンディレイ発生器 34、オンディレイ補償器 33 だけではまだ不十分で、トルクリプルを発生する。これを少しでも防止するため、従来では (1) 式の各項に関するハードウェア (フォトカプラなど) に選定品を使ったり、人手により電力変換器個別に調整が必要であった。

本発明の目的はオンディレイ補償値  $T_d$  を自動的に制御装置が調整し、安価な制御装置を提供することにある。また、第 2 の目的はこの自動調整により、制御装置のトルクリプルなどを抑え、高精度な制御装置を提供することにある。

#### 発明の開示

第 1、2 の目的のため、電流、電圧などを入力して、自動的にオンディレイ補償値  $T_d$  を調整するオンディレイ補償値演算器 35 を設け、外部からのオンディレイ補償値演算開始信号により、オンディレイ補償値演算を開始するようにした。

オンディレイ補償値演算器 35 により、電流、電圧を検出し、オンディレイ補償による電流歪みなどの特徴量を抽出し、これによりオンディレイ補償値を演算する。

#### 図面の簡単な説明

第 1 図は、本発明の第 1 の実施例の制御ブロック図である。

第 2 図は、本発明の第 1 の実施例の制御フローチャートである。

第 3 図は、本発明の第 1 の実施例の動作原理を説明するための電流制御器とキャリア周波数の関係を示している。

第 4 図は、本発明の第 2 の実施例の制御ブロック図である。

第 5 図は、オンディレイ未補償時の電流波形である。

第 6 図は、本発明の第 2 の実施例の動作原理を説明するための高調波とオンディレイ補償値の関係を示している。

5 第 7 図は、本発明の第 2 の実施例の制御フローチャートの一実施例である。

第 8 図は、本発明の第 2 の実施例の制御フローチャートの他の実施例である。

第 9 図は、本発明の第 3 の実施例の制御ブロック図である。

10 第 10 図は、オンディレイ未補償時の線電流波形の例である。

第 11 図は、本発明の第 3 の実施例の制御フローチャートである。

第 12 図は、従来の制御装置の制御ブロック図である

発明を実施するための最良の形態

15 以下、本発明の第 1 の実施例を第 1 図により説明する。第 1 図は交流モータ 1 を電力変換器 2 により駆動し、制御回路 3 で制御する装置の制御ブロック図を示したものである。制御回路 3 は速度制御、電流制御、出力電圧と出力周波数の比率制御（以下  $V/f$  制御）、励磁成分とトルク成分をベクトル分解して制御するいわゆるベクトル制御などを行う制御演算器 31、電力変換器 2 のゲート信号を作るための PWM パターン発生器 32、オンディレイ補償器 33、オンディレイ発生器 34、及び  
20 本発明によるオンディレイ補償値演算器 35a などから成っている。CT は出力電流を検出する電流検出器である。

制御演算器 31 は PWM パターン発生器 32 に電圧指令  $v^*$  を与え、  
25 PWM パターン発生器 32 は良く知られた三角波比較 PWM などにより、電力変換器 2 のスイッチング素子（IGBT などの半導体スイッチング

素子)のオン時間  $T_{on}$  を出力する。これにより、直流電力  $V_{dc}$  は交流電力に変換されて交流モータ 1 が回転駆動される。なお直流電源  $V_{dc}$  は交流を整流して得られるようにしても良いことは勿論である。

第 12 図で前述したのと同様に、本実施例においても第 1 図に示すように電力変換器 2 は U 相、V 相、W 相の各スイッチング素子を上下アーム直列に接続し、排他的にスイッチングさせる。また、オンディレイ発生器 34 はスイッチング素子のアーム短絡を防ぐために備えられる。更にオンディレイ補償器 33 が、電流の歪抑制のために設けられる。

本実施例は、更にオンディレイ補償器 33 で補償できないオンディレイ補償値  $T_d$  のハードウェアによるバラツキを、オンディレイ補償値演算器 35a により、自動計測し、ハードウェアによるバラツキを解消し、安価で高精度な制御装置を提供するものである。

まず、本実施例のオンディレイ補償値演算器 35a の動作を説明し、その後その原理について述べる。本実施例のオンディレイ補償値演算器 35a は制御装置の外部からオンディレイ補償値演算開始信号  $Std$  が与えられると第 2 図に示すようなフローチャートで動作を開始する (STEP100~STEP103)。交流モータ 1 を回転させないようにするため、まず、オンディレイ補償値演算器 35a は  $u-v$  相間に直流電流を流すように制御演算器 31 内の電流制御器 311 に直流電流指令  $I^*$  を出力し、PWM パターン発生器 32 に電力変換器 2 のスイッチング素子のスイッチング周波数を決めるキャリア周波数  $f_1$  を出力する。電流制御器 311 は例えば良く知られた PI (比例積分) 制御器のようなもので十分である (STEP100a)。

次にオンディレイ補償値演算器 35a はこの電流制御器 311 の電流制御出力  $v^*$  が安定したのを見計らい、この電流制御出力  $v^*$  を  $u-v$  相間の電圧指令  $v_{uv}^*$  とする (STEP100b)。同様に前述したキャリア周波

数  $f_1$  とは異なった周波数  $f_2$ 、直流電流指令  $I^*$  で電流制御し (STEP100c)、電流制御出力  $v^*$  が安定したのを見計らい、この電流制御出力  $v^*$  を  $u-v$  相間の電圧指令  $v_2^*_{uv}$  とする (STEP100d)。

このような一連の動作を  $v-w$  相間 (STEP101)、 $w-u$  相間 (STEP102)

5 を繰返し、 $v_1^*_{uv}$ 、 $v_2^*_{uv}$ 、 $v_1^*_{vw}$ 、 $v_2^*_{vw}$ 、 $v_1^*_{wu}$ 、 $v_2^*_{wu}$  を得る。そして、オンディレイ補償値演算を (2) 式～(4) 式のように行う (STEP103)。

$$T_{duv} = \frac{v_{1uv} - v_{2uv}}{V_{dc} \cdot f_1} \quad \dots \dots (2)$$

$$T_{dvw} = \frac{v_{1vw} - v_{2vw}}{V_{dc} \cdot f_1} \quad \dots \dots (3)$$

$$10 \quad T_{dwu} = \frac{v_{1wu} - v_{2wu}}{V_{dc} \cdot f_1} \quad \dots \dots (4)$$

ここで、 $V_{dc}$  は電力変換器 2 の直流電圧である。これらの  $T_{duv}$ 、 $T_{dvw}$ 、 $T_{dwu}$  を各相のオンディレイ補償値とする。また、各相個別にすると処理が煩雑になることが予想されるがその時は (5) 式のように平均などの処理を取り、3 相一括の  $T_{duvw}$  で補償しても良いことは明白である。

$$15 \quad T_{duvw} = \frac{T_{duv} + T_{dvw} + T_{dwu}}{3} \quad \dots \dots (5)$$

次に動作原理について述べる。オンディレイ補償値  $T_d$  は (1) 式に示したようにスイッチング素子のスイッチング周波数には無関係であるが、スイッチング素子の動作周期 (キャリア周波数の逆数) が長くなれば、周期に占める割合が少なくなりそのオンディレイ補償値  $T_d$  の影響は小さくなり、電流波形歪みも小さくなる。逆にスイッチング素子の動作周期が短くなれば、周期に占める割合が大きくなりその影響も大きくなる。従って、この 2 つの動作周期での電流制御出力  $v^*$  の差がオンディレイ補償値  $T_d$  として利用できる。この関係を図示したのが第 3 図である。

第 3 図は横軸にキャリア周波数  $f_c$  を取り、縦軸に電流制御出力  $v^*$



を取っている。電流制御は直流の電流指令を出力電流が直流となるように直流電流指令  $I^*$  としているため、キャリア  $f_2$  を低い周波数に選べば、交流モータ 1 の抵抗  $R$  の電圧降下分  $R I^*$  のみがオンディレイの影響としてでるような周波数電流制御出力  $v^*$  を抽出できる。一方、キャリア周波数を次第に大きくし、 $f_1$  とすると、電流制御出力  $v^*$  は電圧降下分  $R I^*$  とオンディレイの電圧降下分の和となる。従って、この差を取れば電圧降下分  $R I^*$  は相殺し、オンディレイの電圧降下分の電圧となる。これを (2) 式～(4) 式のように周波数  $f_1$  で時間換算すればオンディレイ補償値  $T_d$  を求めることができる。

10 従って、精度良くオンディレイ補償値  $T_d$  を求めるには  $f_2$  をオンディレイの影響の小さいキャリア周波数に選定し、 $f_1$  をオンディレイの影響の大きいキャリア周波数とすることが肝要になる。電力変換器 2 のスイッチング素子が IGBT なら  $f_1$  を 10 kHz 以上、 $f_2$  を 5 kHz 以下とし、バイポーラトランジスタの場合は  $f_1$  を 2 kHz 以上、 $f_2$  を 1 kHz 以下とすることが望ましい。また、本発明では直流電流でオンディレイ補償値  $T_d$  を求めるため、交流でのオンディレイ補償値  $T_d$  とは若干ずれる可能性が有るが、このときは (2) 式～(4) 式で求めたオンディレイ補償値  $T_d$  に重み係数を掛ければ良いことは言うまでもない。

20 また、前記のように直流電流  $I^*$  としたが (2) 式～(4) 式に示したように  $t_{on}$ 、 $t_{off}$  がスイッチング素子に流れる電流で異なった値となるため、直流電流指令  $I^*$  を変化させ、前述のようなオンディレイ補償値演算をすることでさらに高精度なオンディレイ補償値  $T_d$  を求めることが可能である。

25 次に本発明の第 2 の実施例について説明する。第 1 の実施例と異なるところは第 4 図に示すように電流制御器 311 に代わり、制御演算器 3

1 に交流電圧発生器 3 1 2 を設け、オンディレイ補償値演算器 3 5 b に高調波を求めるためのフーリエ変換器（高速 F F T）あるいはウォルッシュ変換器などを設ける点であり、第 1 の実施例が直流でオンディレイ補償値  $T_d$  を求めるところを交流で求めるところが大きな違いである。

- 5 交流モータ 1 を回転させないため、2 相の正弦波状の交流励磁を行い、オンディレイ補償を外すと出力電流として第 5 図の Y 1 3 のような電流が流れる。これはオンディレイにより、正弦波状の交流電圧を加えているにも関わらず、0 電流付近で電圧が落ち込むために、0 クロス付近で電流が歪むものである。この電流歪みを最小にするようにオンディレイ
- 10 補償値  $T_d$  を変化させていけばオンディレイ補償値  $T_d$  を求めることができる。

- オンディレイにより歪んだ電流波形（第 5 図の Y 1 3）は第 5 図に示したように 3 次の高調波 Y 3 を含んでいるため、これをオンディレイ補償値演算器 3 5 b 内のフーリエ変換器（高速 F F T）あるいはウォル
- 15 シュ変換器で 3 次の高調波出力 A 3 を求め、最小二乗法などで A 3 を最小にするようにオンディレイ補償値  $T_d$  を求める。第 6 図はその様子を描いたもので、横軸をオンディレイ補償値  $T_d$  とし、縦軸に波高値 A 3 を取っている。第 5 図の関係より、A 3 が第 6 図のように極小点を持つのは明らかである。例えば最初、 $T_d = 0$ （A 点）から始め、徐々に  $T_d$  を増やしていくと（A 点 → B 点 → C 点）、D 点で逆に A 3 が大きくなる。ここで、今度は少し  $T_d$  を減らし、最終的に E 点で最適なオンディレイ補償値を求めることができる。これらの追い込みはまさに最小二乗法などの数値解析法で、これらの手法を用いれば容易に実現できる。

- 第 2 の実施例のフローチャートを第 7 図に示す（STEP110～STEP112）。
- 25 前述の実施例と同様にまず u - v 間で交流励磁を行う（STEP110a）。電流波形が安定した所で前述したようにフーリエ変換器（高速 F F T）あ

るいはウォルシュ変換器などにより、 $A_{3uv}$ を取り出し (STEP110b)、  
オンディレイ補償値を最小二乗法などで  $A_{3uv}$  を最小にするオンディ  
レイ補償値  $T_{duv}$  を求める (STEP110c)。これと同様に  $v-w$  相間、 $w$   
 $-u$  相間について繰り返し (STEP111、STEP112)、オンディレイ補償値  
5  $T_{duv}$ 、 $T_{dvw}$ 、 $T_{dwu}$  を求める。

上記第2の実施例ではモータを回転しないように単相交流励磁とした  
が、交流モータ1を回転しても良い場合は、第8図に示すようなフロー  
チャートでオンディレイ補償値を求めることができる (STEP120～  
STEP122)。ここで、前述と異なるのは  $V/f$  運転で交流モータ1を駆動  
10 することと (STEP120)、この時の電流波形が第10図のように5、7次  
調波を含んだ波形となることである。このため、STEP120aでフーリエ変  
換器 (高速FFT) あるいはウォルシュ変換器などにより、 $A_5$  もしく  
は  $A_7$  の少なくとも一方を取り出し、これを最小最小二乗法などで追い  
込むことである。他は同一なので説明は省略する。

15 以上、第2の実施例では各相ごとにオンディレイ補償  $T_d$  を求めるこ  
とができるので平均をとったり、重み係数を掛けるなどの手法は第1の  
実施例に示すように同様に行えることは言うまでもない。また、交流モ  
ータ1を励磁する周波数や電圧値で電流などが異なるため、さらに精密  
にオンディレイ補償  $T_d$  を求めるときは、第1の実施例に示したように  
20 個別にパラメータ (電圧、周波数) を振り、求めれば良いことは明らか  
である。

第3の実施例は前述した第2の実施例の2番目の方法のようにモータ  
を回転させても良い場合の方法で、実際に交流モータ1を回転させるた  
め、さらに正確なオンディレイ補償  $T_d$  を求めることができる。第2の  
25 実施例との構成上での違いは第9図に示したようにオンディレイ補償値  
演算器35c内にフーリエ変換器 (高速FFT) あるいはウォルシュ変

換器などが不要となり、逆に制御演算器 31 内に d-q 変換器 314 が  
 必要になる。ここで、d-q 変換器 314 とは信号 V/f (オンディレイ  
 補償値演算器 35c から交流電圧発生器 313 への出力信号)により  
 発生する交流電圧発生器 313 の周波数で回転する直行座標系に変換す  
 5 る変換器のことである。交流モータ 1、特に誘導モータがベクトル制御  
 される場合に必要で、通常はこの制御演算器 31 内に用意されている。  
 この d-q 変換器 314 により、3 相の線電流を座標変換すれば d-q  
 軸上の電流  $i_d$ 、 $i_q$  を求めることができる。変換式は例えば (6) 式  
 のようになる。

$$10 \quad \begin{pmatrix} i_d \\ i_q \end{pmatrix} = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{pmatrix} \cos\theta & \sin\theta \\ -\sin\theta & \cos\theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \\ 0 & \frac{\sqrt{3}}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} i_u \\ i_v \\ i_w \end{pmatrix} \quad \dots \dots (6)$$

この場合のように 3 相で V/f 駆動され、オンディレイ補償を行わな  
 いと第 10 図の線電流  $i_u$  に示すような波形となる。これは単相時には  
 第 5 図に示したように 3 次の高調波が 3 相で位相が 120° づつずれた  
 波形となり、6 次の高調波となるが 3 相結線のため 6 次が発生できない  
 15 ので、その分の高調波が 5、7 次に表れ図のような歪んだ波形 (Y15  
 7) となる。このような 5、7 次調波の混じった電流波形を d-q 変換  
 すると例えば、第 10 図の  $i_d$  のように 6 次の脈動をする直流電流とな  
 る。従って、この 6 次の成分を最小にするようなオンディレイ補償値を  
 求めれば良い。

20 ここで、第 2 の実施例のようにオンディレイ補償値演算器 35c 内に  
 フーリエ変換器 (高速 FFT) あるいはウォルシュ変換器などを用いて、  
 オンディレイ補償値を求められることは明らかである。しかし、このよ  
 うなフーリエ変換器 (高速 FFT) あるいはウォルシュ変換器などを用  
 いずともオンディレイ補償値を求められることを以下に示す。

25 前述したように  $i_d$  の脈動を小さくすれば良く、例えば (7) 式のよ

うに最小、最大値から  $\Delta i_d$  を求めたり、(8) 式もしくは (9) 式のように平均値を取り、最小、最大値の差を取り出せばフーリエ変換器(高速FFT)あるいはウォルシュ変換器など複雑な処理は不要となり、これらを第11図に示すフローチャートのように最小にするようにオンディレイ補償値を求めれば良い。以上述べた、第3の実施例のフローチャートを第11図に示す(STEP130~STEP132)。

$$\Delta i_d = i_{d \max} - i_{d \min} \quad \dots \dots (7)$$

$$\Delta i_{mean} = i_{d \min} - \frac{1}{N} \sum_{j=1}^{j=N} i_d(j) \quad \dots \dots (8)$$

$$\Delta i_{mean} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^{j=N} i_d(j) - i_{d \min} \quad \dots \dots (9)$$

ただし、 $i_{d \max}$ :  $i_d$  の最大値、 $i_{d \min}$ :  $i_d$  の最小値とする。

また、説明の都合上  $i_d$  を用いたが  $i_q$  を使っても同様で行え、第2の実施例で述べたような平均をとったり、重み係数を掛けるなどの手法は第1の実施例に示すように同様に行えることは言うまでもない。また、交流モータ1を励磁する周波数や電圧値で電流などが異なるため、さらに精密にオンディレイ補償  $T_d$  を求めるときは、第1の実施例に示したように個別にパラメータ(電圧、周波数)を振り、求めれば良いことは明らかである。

以上述べた実施例においては、オンディレイ補償値を自動的に演算するが、その際、電力変換器などの故障でオンディレイ補償値演算値が異常な値になる場合がある。その時には(1)式の値を  $typ.$  値としてリミッタを付けてやることにより、異常な動作を防止する機構を付ければ良いことは明らかであり、逆にこの状態を利用して故障判断できる。

またオンディレイ補償値演算開始信号  $Std$  は制御回路3の外部からスイッチなどを設けて任意のタイミングで与えることができる。この場合は例えば製品出荷に際して行うとか据え付け後のメンテナンス時に必要に応じて行うことできる。あるいは電源投入時に行うようにしたい場合

は、電源投入に合わせてこの Std 信号を自動的に発生するようにしておけばよい。この場合は制御回路 3 の内部で Std 信号を発生することもできる。また以上述べた実施例はオンディレイ補償値演算器 35 に全て共存でき、制御回路 3 の外部からどの手法でオンディレイ補償値を求めるか選択できるようにすると、その用途は広がり、交流モータの負荷状態によらずオンディレイ補償値を求めることができるようになる。さらに本発明で述べたオンディレイ補償値演算器は P W M コンバータや他の電力変換器にも用いることができるのは言うまでもない。

#### 10 産業上の利用可能性

本発明によれば電力変換器個体のバラツキによるオンディレイ補償値のずれを自動調整するので、オンディレイ補償値のずれによるトルクリプルを防止でき、高精度な制御装置を実現できる。また、自動調整により、ハードウェアのバラツキの許容範囲が増えるため、安価な制御装置を実現できる効果もある。

## 請求の範囲

1. 交流モータと、前記交流モータに供給する交流電力をスイッチング素子により発生する電力変換器と、前記スイッチング素子のオンディレイを補償するオンディレイ補償器を備えた交流モータ制御装置において、前記スイッチング素子をオンディレイの影響の多い第1のスイッチング周波数とオンディレイの影響の少ない第2のスイッチング周波数の少なくとも2つのスイッチング周波数で一定の直流電流を流すように制御する手段と、少なくとも上記2つの周波数での電圧制御出力の差に基づき前記オンディレイ補償値を求める手段を有するオンディレイ補償値演算手段を備えたことを特徴とした交流モータ制御装置。
2. 前記請求1の交流モータ制御装置において、前記スイッチング素子はIGBTであり、前記第1の周波数を10kHz以上、前記第2の周波数を5kHz以下とした前記請求項1記載の交流モータ制御装置。
3. 前記請求1の交流モータ制御装置において、前記スイッチング素子はバイポーラトランジスタであり、前記第1の周波数を2kHz以上、前記第2の周波数を1kHz以下とした前記請求項1記載の交流モータ制御装置。
4. 交流モータと、前記交流モータに供給する交流電力をスイッチング素子により発生する電力変換器と、前記スイッチング素子のオンディレイを補償するオンディレイ補償器を備えた交流モータ制御装置において、前記交流モータを正弦波状の単相交流で励磁する手段と、前記単相交流励磁手段で励磁しながら前記オンディレイ補償器のオンディレイ補償値を変化させる手段と、前記オンディレイ補償値を変化させることにより前記交流モータに流れる電流の零クロス部分の歪みがほぼ最小になるオンディレイ補償値を求める手段を備えたことを特徴と

した交流モータ制御装置。

5. 交流モータと、前記交流モータに供給する交流電力をスイッチング素子により発生する電力変換器と、前記スイッチング素子のオンディレイを補償するオンディレイ補償器を備えた交流モータ制御装置において、前記交流モータを正弦波状の単相交流で励磁して流れた電流をフーリエ変換あるいはウォルッシュ変換する手段と、前記フーリエ変換あるいはウォルッシュ変換で求められた高調波分を最小にするように前記オンディレイ補償器のオンディレイ補償値変化させてオンディレイ補償値を求める手段を備え、該求めたオンディレイ補償値に基づき前記オンディレイ補償器を動作させることを特徴とした交流モータ制御装置。

6. 交流モータと、前記交流モータに供給する交流電力をスイッチング素子により発生する電力変換器と、前記スイッチング素子のオンディレイを補償するオンディレイ補償器を備えた交流モータ制御装置において、前記交流モータを正弦波状の交流電圧で励磁して流れた電流を該交流電圧の周波数で回転する2軸の直行座標系の電流に変換する手段と、前記直行座標系に変換された電流のうち少なくとも1軸の脈動を最小にするように前記オンディレイ補償器のオンディレイ補償値変化させてオンディレイ補償値を求める手段を備え、該求めたオンディレイ補償値に基づき前記オンディレイ補償器を動作させることを特徴とした交流モータ制御装置。

7. 交流モータと、前記交流モータに供給する交流電力をスイッチング素子により発生する電力変換器と、前記スイッチング素子のオンディレイを補償するオンディレイ補償器を備えた交流モータ制御装置において、前記交流モータを正弦波状の交流電圧で励磁して流れた電流をフーリエ変換あるいはウォルッシュ変換する手段と、前記フーリエ変



換あるいはウォルッシュ変換で求められた高調波分を最小にするように前記オンディレイ補償器のオンディレイ補償値変化させてオンディレイ補償値を求める手段を備え、該求めたオンディレイ補償値に基づき前記オンディレイ補償器を動作させることを特徴とした交流モータ制御装置。

8. 前記請求1から7記載の交流モータ制御装置において、前記オンディレイ補償値の演算機能の開始を指示できるようにした交流モータ制御装置。

9. 交流モータと、前記交流モータに供給する交流電力をスイッチング素子により発生する電力変換器と、前記スイッチング素子のオンディレイを補償するオンディレイ補償器を備えた交流モータ制御装置において、

前記オンディレイ補償器は、

前記スイッチング素子をオンディレイの影響の多い第1のスイッチング周波数とオンディレイの影響の少ない第2のスイッチング周波数の少なくとも2つのスイッチング周波数で一定の直流電流を流すように制御する手段と少なくとも上記2つの周波数での電圧制御出力の差に基づき前記オンディレイ補償値を求める手段を有する第1のオンディレイ補償器と、

前記交流モータを正弦波状の単相交流で励磁する手段と前記単相交流励磁手段で励磁しながら前記オンディレイ補償器のオンディレイ補償値を変化させる手段と前記オンディレイ補償値を変化させることにより前記交流モータに流れる電流の零クロス部分の歪みがほぼ最小になるオンディレイ補償値を求める手段を有する第2のオンディレイ補償器と、

前記交流モータを正弦波状の単相交流で励磁して流れた電流をフーリ

エ変換あるいはウォルッシュ変換する手段と前記フーリエ変換あるいはウォルッシュ変換で求められた高調波分を最小にするように前記オンディレイ補償器のオンディレイ補償値変化させてオンディレイ補償値を求める手段を有する第3のオンディレイ補償器と、

- 5 前記交流モータを正弦波状の交流電圧で励磁して流れた電流を該交流電圧の周波数で回転する2軸の直行座標系の電流に変換する手段と前記直行座標系に変換された電流のうち少なくとも1軸の脈動を最小にするように前記オンディレイ補償器のオンディレイ補償値変化させてオンディレイ補償値を求める手段を有する第4のオンディレイ補償器と、
- 10 と、

- 前記交流モータを正弦波状の交流電圧で励磁して流れた電流をフーリエ変換あるいはウォルッシュ変換する手段と前記フーリエ変換あるいはウォルッシュ変換で求められた高調波分を最小にするように前記オンディレイ補償器のオンディレイ補償値変化させてオンディレイ補償値を求める手段を有する第5のオンディレイ補償器を備え、
- 15

前記第1乃至第5のオンディレイ補償器の選択を可能にした交流モータ制御装置。

10. スイッチング素子を用いて電力を変換し負荷に電力を供給する電力変換手段と、前記電力変換器のスイッチングを制御する制御手段を備えた電力変換装置において、前記制御手段は前記スイッチング素子のオンディレイ補償値を求めるオンディレイ補償手段を備え、該オンディレイ補償手段により前記スイッチング素子のオンディレイ補償を行う電力変換装置。
- 20

11. スイッチング素子により交流電力を得て交流モータに供給する電力変換器と、前記電力変換器のスイッチングを制御する制御手段を備えた電力変換装置において、前記制御手段の外部からの信号に応答し
- 25

て前記スイッチング素子のオンディレイ補償値を求めるオンディレイ補償手段を備え、該オンディレイ補償手段で求めたオンディレイ補償値に基づいてオンディレイ補償を行うことを特徴とした電力変換装置。

1 2. 交流モータと、交流電力を受けスイッチング素子により任意の周  
5 波数の交流電力に変換し前記交流モータに供給する電力変換器と、前記スイッチング素子のオンディレイを補償するオンディレイ補償器を有する制御回路を備えた交流モータ制御装置において、前記スイッチング素子を動作させて検出したオンディレイによりオンディレイ補償値を演算するオンディレイ補償値演算手段と、前記オンディレイ補償値演算手段の演算を開始させる手段と、前記オンディレイ補償値演算手段の演算結果により前記スイッチング素子のオンディレイを補償する手段を備えた交流モータ制御装置。

1 3. 交流モータと、直流電力を受けスイッチング素子により交流電力に変換し前記交流モータに供給する電力変換器と、前記スイッチング  
15 素子のオンディレイを補償するオンディレイ補償器を有する制御回路を備えた交流モータ制御装置において、電圧、電流、周波数の少なくとも1つに対応する値に基づいて自動的にオンディレイ補償値を調整するオンディレイ補償値調整手段と、前記制御回路の外部からオンディレイ補償値の調整を開始させる信号を入力する手段とを備え、前記  
20 オンディレイ補償値調整開始信号の入力に応答して前記オンディレイ補償値の調整を開始する手段を備えた交流モータ制御装置。

1 4. スwitchング素子を用いて電力を変換し負荷に電力を供給する電力変換手段と、前記電力変換器のスイッチングを制御する制御手段を備えた電力変換装置の制御方法において、前記スイッチング素子の  
25 オンディレイ補償値を前記スイッチング素子を動作させることにより求め、該求められたオンディレイ補償値により前記スイッチング素子の

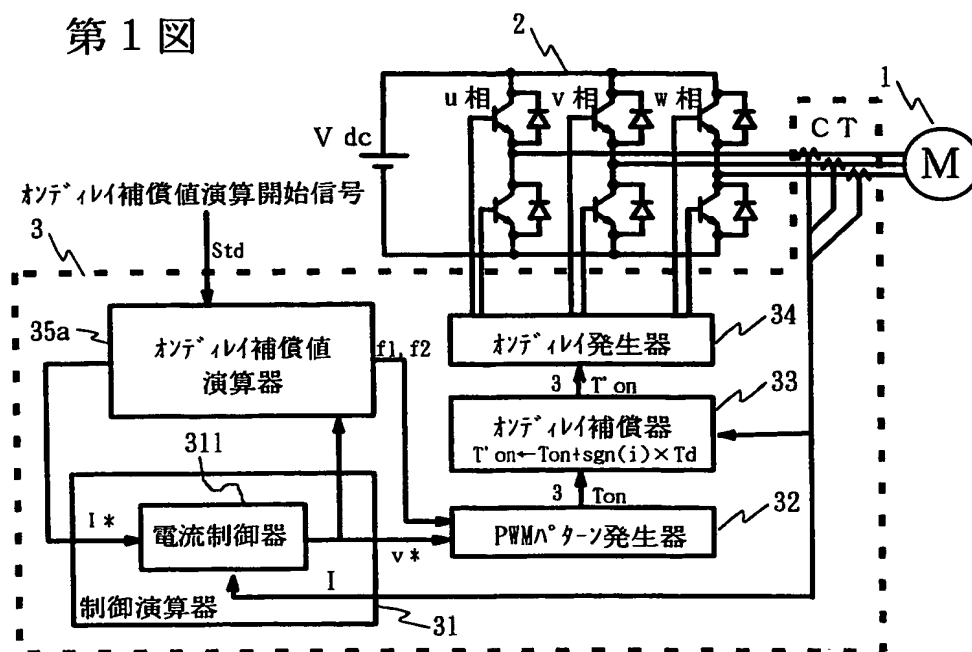
オンディレイ補償を行う電力変換装置の制御方法。

15. スイッチング素子により交流電力を得て交流モータに供給する電力変換器と、前記電力変換器のスイッチングを制御する制御手段を備えた電力変換装置の制御方法において、前記制御手段の外部からの信号に  
5 応答して前記スイッチング素子を動作させ、次いでこのスイッチング素子の動作に基づくオンディレイ補償値を求め、該求めたオンディレイ補償値に基づいてオンディレイ補償を行うことを特徴とした電力変換装置の制御方法。

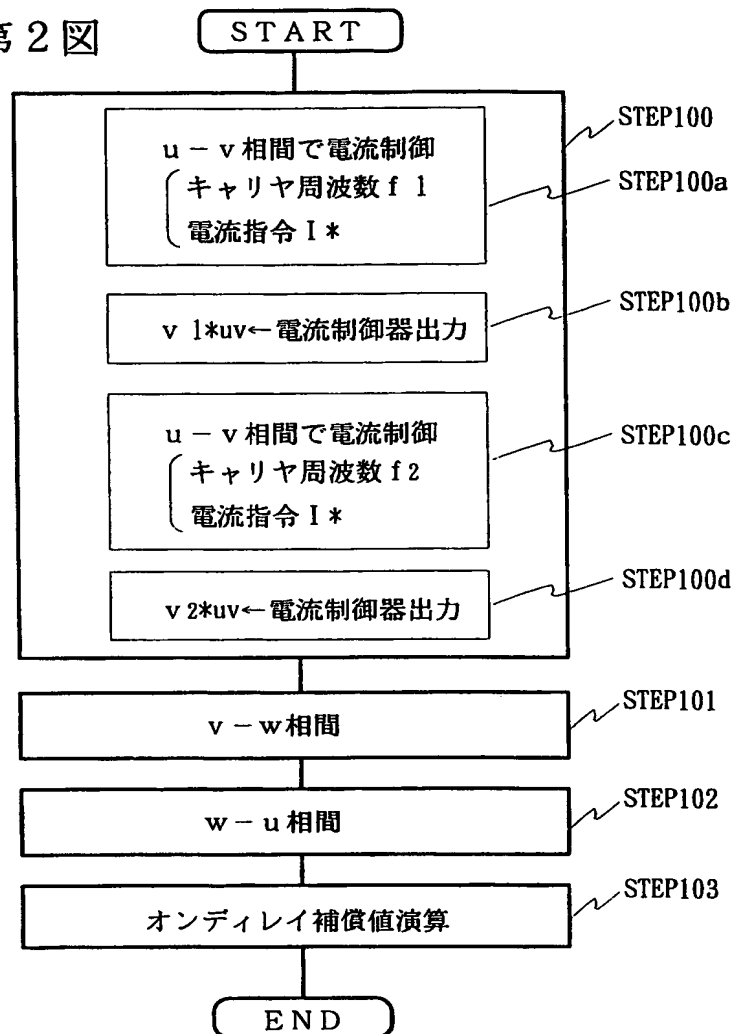
16. 交流モータと、交流電力を受けスイッチング素子により任意の周波数の交流電力に変換し前記交流モータに供給する電力変換器と、前記  
10 スwitchング素子のオンディレイを補償するオンディレイ補償手段を有する制御回路を備えた交流モータ制御装置の制御方法において、所定タイミングで前記オンディレイ補償値演算手段の演算を開始させて前記オンディレイ補償値を求め、この求められたオンディレイ補償  
15 値により前記スイッチング素子のオンディレイを補償する交流モータ制御装置の制御方法。

17. 交流モータと、直流電力を受けスイッチング素子により交流電力に変換し前記交流モータに供給する電力変換器と、前記スイッチング素子のオンディレイを補償するオンディレイ補償器を有する制御回路  
20 を備えた交流モータ制御装置の制御方法において、電圧、電流、周波数の少なくとも1つに対応する値に基づいて自動的にオンディレイ補償値を演算するオンディレイ補償値演算器と、前記制御回路の外部からオンディレイ補償値演算を開始させる信号を入力する手段とを備え、前記オンディレイ補償値演算開始信号の入力に応答して前記オンディ  
25 レイ補償値演算を開始する手段を備えた交流モータ制御装置の制御方法。

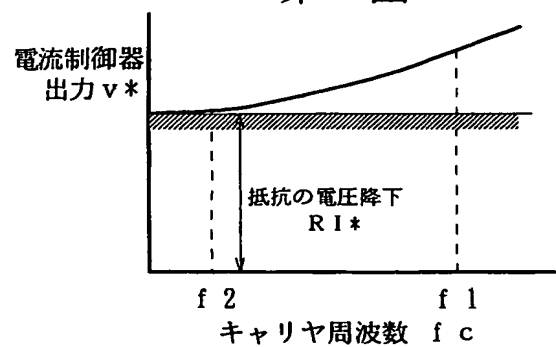
第 1 図



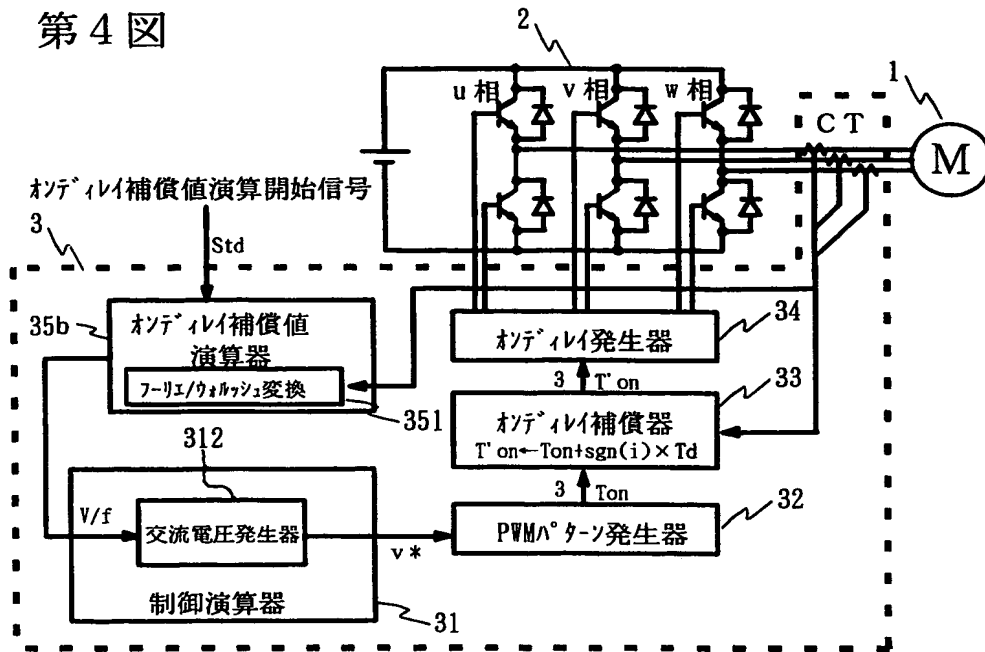
第 2 図



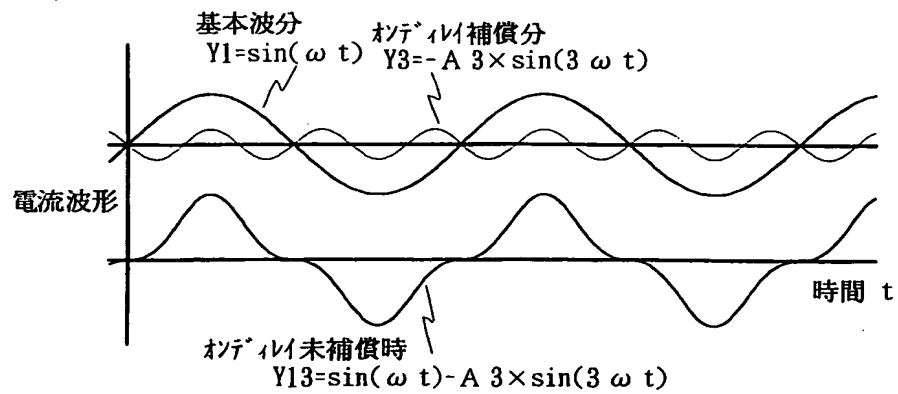
第 3 図



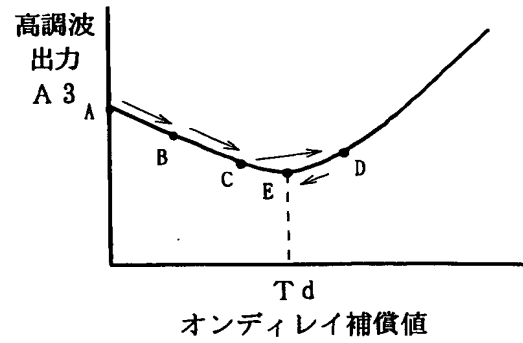
第4図



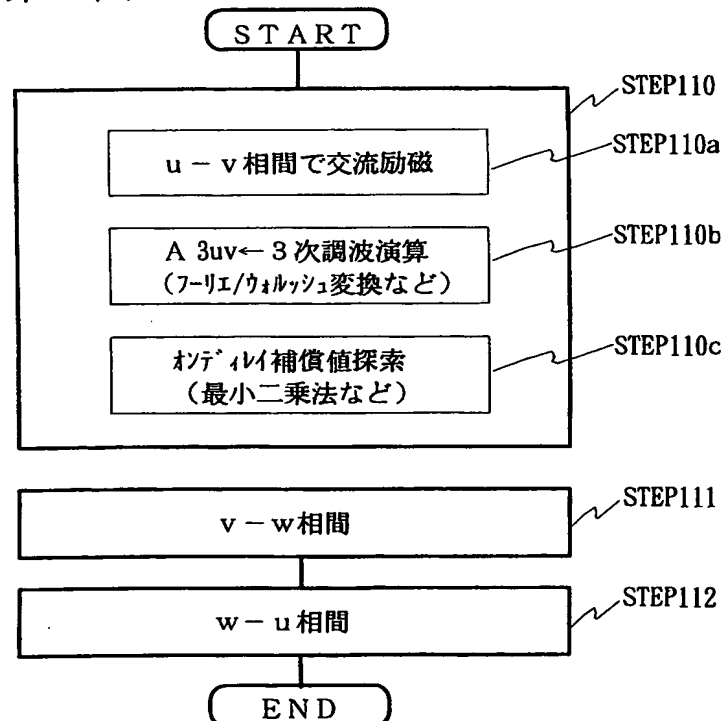
第5図



第 6 図

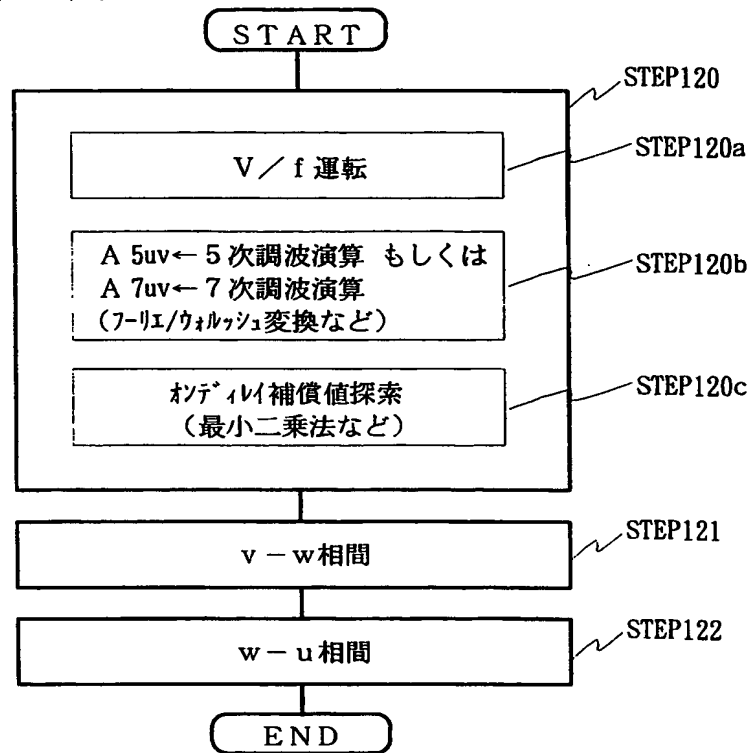


第 7 図

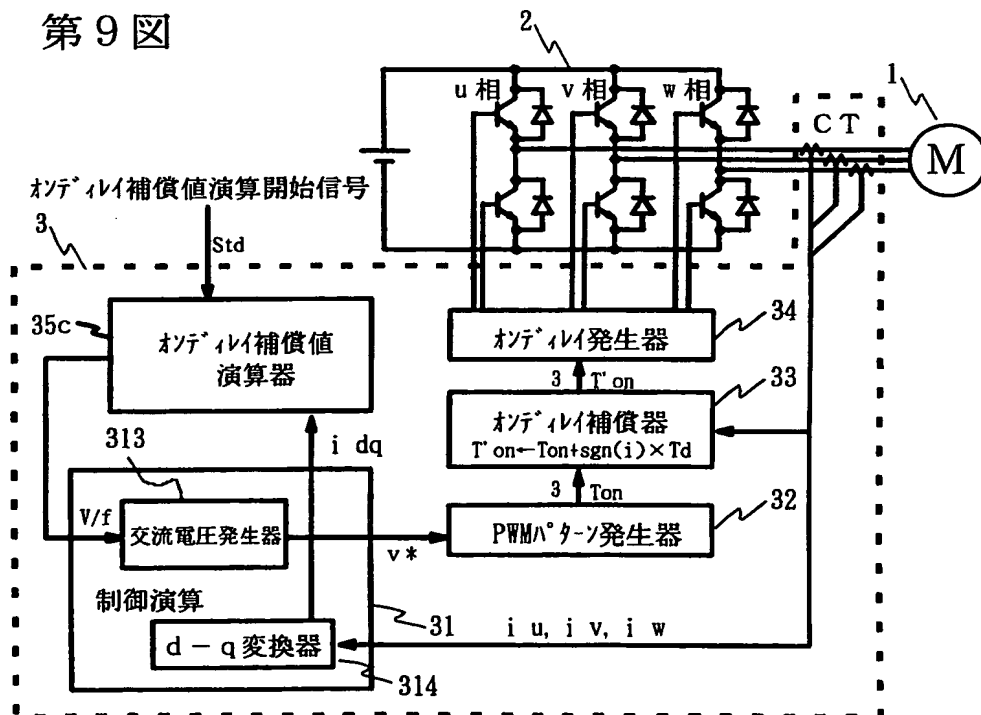




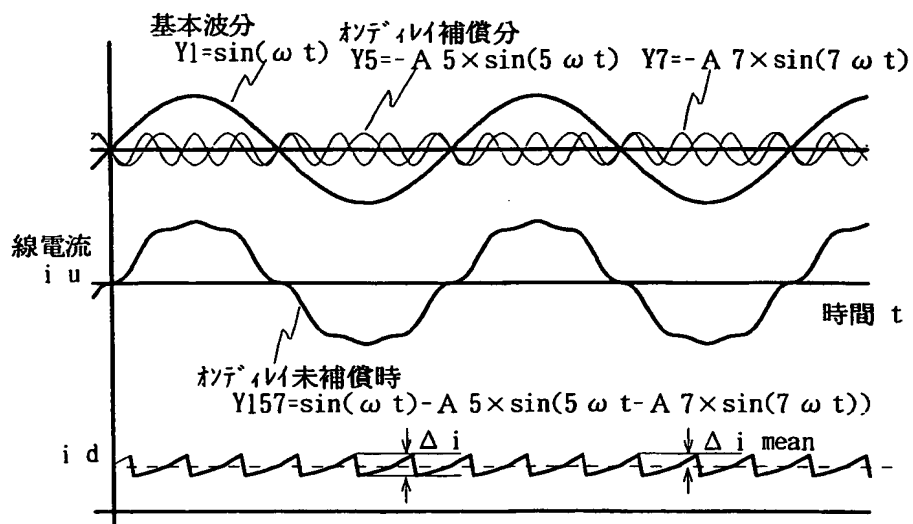
第 8 図



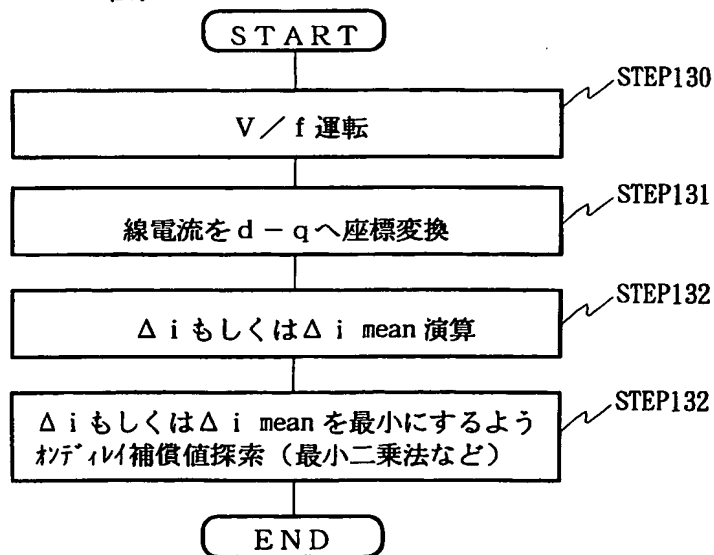
第 9 図



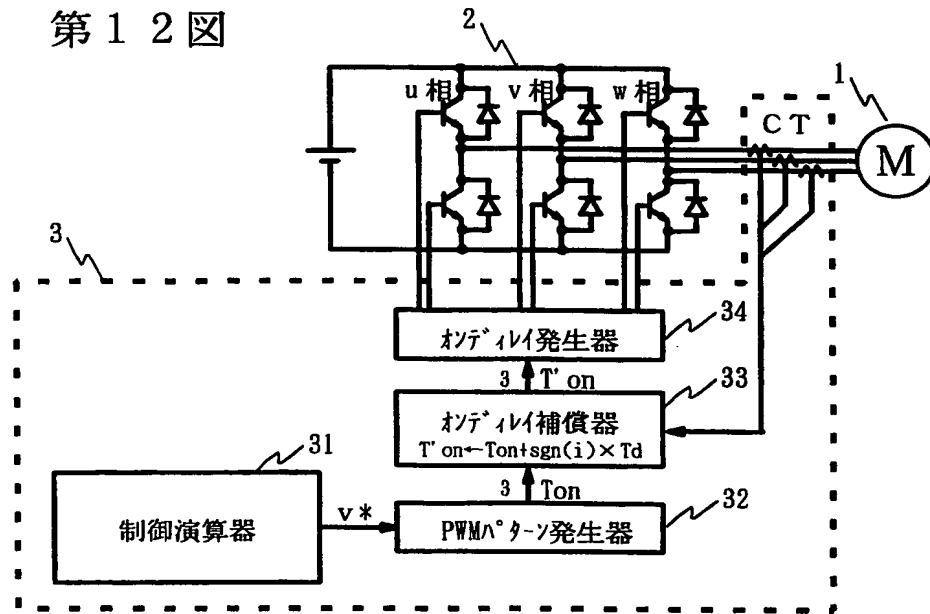
第 10 図



第 11 図



第 1 2 図



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP97/00909

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> Int. Cl <sup>6</sup> H02M7/537, 7/5387, H02P7/63 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) Int. Cl <sup>6</sup> H02M7/42-7/98, H02P7/628-7/632 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Jitsuyo Shinan Koho 1926 - 1997 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971 - 1997 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994 - 1997 Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	JP, 3-143287, A (Hitachi, Ltd.), June 18, 1991 (18. 06. 91) (Family: none)	10 1-9, 11-17
X A	JP, 8-126335, A (Hitachi, Ltd.), May 17, 1996 (17. 05. 96) (Family: none)	10 1-9, 11-17
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search June 16, 1997 (16. 06. 97)		Date of mailing of the international search report July 1, 1997 (01. 07. 97)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.		Authorized officer Telephone No.

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1992)

Patent provided by Sughrue Mion, PLLC - <http://www.sughrue.com>

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>6</sup> H02M7/537、7/5387、H02P7/63

## B. 調査を行った分野

## 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>6</sup> H02M 7/42-7/98、H02P7/628-7/632

## 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926-1997年

日本国公開実用新案公報 1971-1997年

日本国登録実用新案公報 1994-1997年

## 国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X A	JP, 3-143287, A (株式会社日立製作所) 18.06月. 1991 (18.06.91) (ファミリーなし)	10 1-9, 11-17
X A	JP, 8-126335, A (株式会社日立製作所) 17.05月. 1996 (17.05.96) (ファミリーなし)	10 1-9, 11-17

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」先行文献ではあるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&amp;」同一パテントファミリー文献

## 国際調査を完了した日

16.06.97

## 国際調査報告の発送日

01.07.97

## 国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

## 特許庁審査官 (権限のある職員)

松浦 功

5H

9181

電話番号 03-3581-1101 内線 3530

様式PCT/ISA/210 (第2ページ) (1992年7月)